

# Endividamento externo ótimo em um modelo de equilíbrio dinâmico multissetorial: um estudo de caso para o Brasil \*

OCTÁVIO A. F. TOURINHO \*\*

*Este artigo mostra como um modelo de equilíbrio dinâmico multissetorial pode ser formulado para permitir a análise da política ótima de endividamento de um país em desenvolvimento, descreve como um modelo de programação não-linear com estas características pode ser implementado para o Brasil e discute um cenário básico para a economia nos próximos 20 anos. A análise enfatiza também a resposta do modelo a diferentes taxas de juros sobre os empréstimos externos, a cenários alternativos da expansão das exportações e das necessidades de importações e a diferentes hipóteses com respeito aos preços futuros do petróleo e à sua produção interna. A principal conclusão é que a política ótima de longo prazo para os empréstimos tomados pelo Brasil é muito sensível às taxas de juros esperadas no futuro e pode ser diferente de algumas estratégias de curto prazo que são normalmente sugeridas como formas de lidar com os problemas de endividamento externo dos países em desenvolvimento. Outra conclusão importante é que em cenários menos favoráveis ao país — mercados externos protecionistas ou preços mais altos do petróleo — o adiamento dos ajustes internos necessários através do aumento do endividamento externo não é uma política ótima. A utilidade do modelo não está restrita a este conjunto de simulações, na medida em que pode ser rapidamente adaptado para situações correlatas como políticas de comércio exterior, de investimento e de tributação indireta.*

## 1 — Introdução

Com o advento da recente crise financeira internacional, sentiu-se a necessidade de discutir várias questões inter-relacionadas referentes ao

\* Este artigo foi elaborado enquanto o autor visitava, de setembro de 1984 a setembro de 1985, o Center for Energy Policy Research, localizado no MIT Energy Laboratory, e contou com o apoio financeiro da UNESCO, da FINEP e do IPEA. Uma versão preliminar apareceu em inglês, em junho de 1985, como a publicação 85-009WP do MIT Energy Laboratory.

Assumindo responsabilidade exclusiva pela pesquisa e pela forma na qual a mesma foi apresentada, o autor agradece a Charles R. Blitzer pelas sugestões quanto à especificação do modelo e aos métodos de manipulação de dados; a Richard Eckaus, Alan Manne e Joaquim Toledo pelos comentários sobre uma versão preliminar; a Alex Meeraus e Alan Gelb por tornarem disponível para este trabalho o sistema de modelagem do World Bank; e a um parecerista anônimo por seus valiosos comentários.

\*\* Do Instituto de Pesquisas do IPEA e da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

planejamento macroeconômico de longo prazo no Brasil. Tais questões são relativas, principalmente, à política governamental com respeito à dívida externa, à balança comercial e à alocação intersetorial do investimento. A escolha entre um nível maior ou menor para a dívida externa terá que ser feita em um contexto no qual o endividamento é dispendioso e só pode ser evitado através da geração de *superavits* comerciais que restringem o crescimento do consumo doméstico. Os esforços destinados a gerá-los através da redução das importações e do aumento das exportações irão afetar o valor e a composição setorial do produto, requerer mudanças na alocação de capital e trabalho na economia e conduzir a ajustamentos nos padrões de investimentos.

Estas questões podem ser estudadas em um modelo de equilíbrio econômico dinâmico, especificado de modo a avaliar a substituição entre consumo e poupança e a incluir as restrições das contas externas e da disponibilidade de fatores. O nível de atividade e o estoque de capital em cada setor, assim como o balanço comercial e as necessidades líquidas de endividamento, podem ser calculados endogenamente, a fim de maximizar alguma função utilidade especificada, o que garante que a solução do modelo possui as propriedades de eficiência econômica desejáveis.

Modelos de planejamento com objetivos similares foram especificados e implementados para outros países, como mostrado por Taylor (1975) e, mais recentemente, por Dervis, Melo e Robinson (1982). O modelo apresentado neste artigo assemelha-se em alguns aspectos àquele elaborado por Blitzer e Eckaus (1983) para o México, porém enfatiza os casos que parecem ser mais apropriados à análise da situação brasileira.<sup>1</sup> As inovações do modelo aqui proposto são: uma representação detalhada da dinâmica da dívida externa e o uso liberal de relações não-lineares na função utilidade, no cálculo da taxa de juros e na especificação da utilidade terminal, tudo buscando atingir um maior realismo quanto aos aspectos da escolha intertemporal do problema.

Vários modelos de equilíbrio econômico foram elaborados para o Brasil no passado, mas nenhum deles enfatizou o problema da dívida externa e as questões da escolha intertemporal a ele associadas. Lysy e Taylor (1980a) utilizaram um modelo do tipo daquele desenvolvido por Johansen (1974) para analisar as questões de distribuição de renda nos anos 70 numa perspectiva de médio prazo, incorporando uma detalhada representação insumo-produto do setor produtivo, mas sem incluir qualquer maximização formal de utilidade. Modiano (1982) associou uma caracterização em termos de processos produtivos do sistema energético a um detalhado modelo econométrico referente ao resto da economia, em um

<sup>1</sup> As principais diferenças são uma representação mais detalhada dos custos de empréstimos externos e o uso de uma formulação mais adequada para as condições terminais. Além disso, o modelo aqui apresentado foi solucionado através de um algoritmo de programação não-linear, o que permite obter resultados mais precisos do que a aproximação de programação linear utilizada no modelo desenvolvido para o México.

sistema onde o equilíbrio do mercado de energia é encontrado através da maximização do excedente de produtores e consumidores. Este modelo é solucionado sem uma otimização dinâmica e não inclui uma representação desagregada dos fluxos intersetoriais. McCarthy (1983) propôs um modelo para a avaliação da política econômica no médio prazo que não emprega otimização, mas inclui os fluxos intersetoriais e procura considerar todos os fluxos financeiros e as necessidades orçamentárias dos diversos agentes econômicos.

Esse artigo também demonstra que atualmente é possível resolver numericamente os problemas neoclássicos não-lineares de controle ótimo em tempo discreto que surgem em modelos de crescimento econômico. Graças ao MINOS, um programa desenvolvido por Murtagh e Saunders (1983), algoritmos de otimização são atualmente capazes de manipular um número considerável de relações não-lineares, tanto para a função objetivo quanto para as restrições (estas últimas com um custo maior), liberando o formulador de modelos empíricos das limitações impostas pela programação linear.

A divisão desse artigo é a seguinte: a próxima seção apresenta a formulação do modelo e discute algumas das possíveis extensões; a Seção 3 descreve de forma resumida alguns dos aspectos da sua implementação, enquanto a Seção 4 apresenta a solução para o "caso-base"; a Seção 5 contém a análise de sensibilidade, com a discussão das principais questões que o modelo procurou resolver; e a conclusão encontra-se na Seção 6.

## 2 — A formulação do modelo

Problemas de escolha intertemporal, além de poderem ser tratados de forma consistente dentro da estrutura de equilíbrio geral dinâmico dos modelos de crescimento ótimo, podem ser ampliados através da inclusão da dívida externa como uma outra variável de estado, de modo a permitir a análise da determinação conjunta das trajetórias no tempo da poupança, do consumo e do endividamento que maximizam o valor descontado do fluxo de utilidade do consumo futuro.

Duas abordagens podem ser usadas para analisar economias modeladas desta forma: uma, adotada por Blanchard (1983), é trabalhar em tempo contínuo e empregar métodos de controle ótimo para derivar analiticamente o sistema de equações diferenciais a ser satisfeito pelas trajetórias ótimas; e a outra, que é adotada aqui, soluciona numericamente uma aproximação em tempo discreto do problema original de maximização.

As opções são claras: a primeira abordagem permite uma exploração mais sistemática das propriedades fundamentais do sistema, enquanto a segunda permite uma representação multissetorial mais detalhada de economia real. A abordagem analítica não torna a otimização numérica inútil, pois o comportamento das variáveis, de modo geral, dependerá

muito das condições iniciais do sistema dinâmico. Por outro lado a solução analítica é indispensável como um referencial para a implementação do modelo empírico. Em poucas palavras, as duas abordagens são profundamente complementares.

O modelo multissetorial em tempo discreto especificado a seguir calcula, em cada período, o valor de variáveis tais como: produção setorial, investimento setorial, importação e exportação setoriais, endividamento externo, nível e composição do consumo. Esta escolha está sujeita a diversas restrições que representam os balanços materiais de cada setor, o equilíbrio externo, a restrição da oferta de mão-de-obra e as equações dinâmicas para a dívida externa e a acumulação de capital.<sup>2</sup>

## 2.1 — A função objetivo

Supõe-se a existência de um consumidor representativo, sendo a função objetivo do problema de planejamento composta de dois elementos: a soma durante o período de planejamento, do valor esperado da utilidade da população em cada período, devidamente descontado a uma taxa  $\delta$ , acrescido do valor descontado da utilidade pós-terminal. A utilidade anual ( $U_t$ ) e a utilidade pós-terminal ( $V$ ) são especificadas em termos *per capita*, devendo desta forma ser multiplicadas pela população ( $N_t$ ) para que se obtenha o valor total do bem-estar:

$$W = \sum_t (1 + \delta)^{-t} nN_t U_t + (1 + \delta)^{-T} N_T V \quad (1)$$

A utilidade pós-terminal *per capita* inclui uma penalidade para a dívida externa acumulada e um prêmio para o nível do estoque de capital,<sup>3</sup> existentes ao final do último período. Isto compensa o corte do horizonte de tempo, se considerarmos a manutenção de um estado estacionário no período pós-terminal, e pode ser interpretado como desempenhando o papel da aproximação primal do equilíbrio de Svoronos (1985), no seu algoritmo para solução aproximada de programas convexos de horizonte infinito.<sup>4</sup> A equação detalhada com a especificação formal de  $V$  será apresentada mais tarde, depois de terem sido definidas as variáveis relevantes.

Uma função logarítmica generalizada foi adotada para avaliar a utilidade dos vetores de consumo em cada período ( $C_t$ ),<sup>5</sup> principalmente

<sup>2</sup> O endividamento em si não é restringido, como também não é a taxa de poupança, visto que o modelo escolhe estes níveis com base numa comparação entre os custos e os benefícios na margem.

<sup>3</sup> Os estoques não são especificados exogenamente como em modelos similares.

<sup>4</sup> Agradeço a Alan Manne por ter-me indicado este fato.

<sup>5</sup> O vetor consumo inclui o consumo de produtos importados não-competitivos, além dos vários outros bens produzidos domesticamente.

por gerar um sistema de dispêndios linear estendido (ELES), que tem sido freqüentemente usado em modelos de planejamento deste tipo para caracterizar a demanda do consumidor.<sup>6</sup> Os parâmetros desta função utilidade *per capita* são o vetor de distribuição dos gastos marginais ( $s$ ) e o vetor dos níveis mínimos do consumo de cada produto ( $\gamma$ ):

$$U_t = \sum_i s_i \log (C_{it}/N_t - \gamma_i) \quad (2)$$

Esta função objetivo possui várias características desejáveis, como, por exemplo, implicar uma utilidade marginal decrescente do consumo de cada produto, gerar um conjunto completo de elasticidades-preço própria e cruzada e internalizar a decisão de poupança. Nesta forma funcional, a elasticidade de substituição do dispêndio entre dois períodos de tempo consecutivos é menor que a unidade<sup>7</sup> e cresce com o nível de renda, o que é compatível com a evidência empírica de estudos de demanda em países em desenvolvimento [ver Lluch, Powell e Williams (1977, Cap. 4)]. Rubinstein (1977) também apresentou uma série de argumentos em favor da utilização de uma função deste tipo em modelos de finanças para a análise de escolha intertemporal, particularmente sob incerteza.

## 2.2 — Equilíbrio material

As restrições de equilíbrio material asseguram que a oferta total de cada bem deva ser, pelo menos, igual ao total demandado. A demanda inclui o vetor de entregas intermediárias para a produção ( $Z$ ) e os vetores de demanda final: consumo privado ( $C$ ), consumo do governo ( $G$ ), investimento ( $I$ ) e exportações ( $E$ ). A oferta inclui os vetores de produção doméstica ( $X$ ) e as importações competitivas ( $M$ ).<sup>8</sup> Indexando com relação ao tempo cada um dos elementos acima citados, a equação pode ser escrita da seguinte forma:

$$X_t + M_t = Z_t + C_t + G_t + I_t + E_t \quad (\text{para todo } t) \quad (3)$$

<sup>6</sup> Para uma discussão sobre sistemas de dispêndios lineares estendidos e suas aplicações a diversos países, ver Lluch, Powell e Williams (1977).

<sup>7</sup> A elasticidade de substituição de gastos entre dois períodos pode ser medida por  $-1/\omega^*$ , onde  $\omega^*$  representa o parâmetro Frisch, que pode ser calculado pela fórmula  $\omega^* = \mu\omega - (1 - \mu)$ , onde  $\mu$  é a taxa de poupança e  $\omega$  o inverso da razão entre o dispêndio supernumerário e o dispêndio total. O cálculo fornece o valor  $-1,85$ . No limite, quando a razão entre o nível de consumo mínimo e o consumo total dos vários bens tende a zero, esta elasticidade tende àquela da função logarítmica padrão, que é unitária.

<sup>8</sup> Observe-se que, devido ao fato de alguns produtos não serem comercializados, enquanto outros não são utilizados para investimento, os vetores  $M$ ,  $E$  e  $I$  podem conter elementos nulos.

As importações competitivas são eletivas e se referem a produtos que podem ser produzidos domesticamente, mesmo que possivelmente a um custo mais elevado. A outra categoria de importações consiste em produtos que não podem ser produzidos no país e são chamados de importações não-competitivas. Estes produtos, demandados principalmente para atender ao consumo intermediário, não são computados no balanço acima citado, por não aumentarem a oferta dos produtos considerados no modelo, sendo melhor caracterizados como um fator de produção, como a mão-de-obra especializada e o capital.

Todas essas variáveis são endógenas, exceto  $G_t$ , que é projetada com base numa taxa de crescimento exógena aplicada ao vetor do consumo do governo no período inicial.

### 2.3 — Equilíbrio externo

A restrição de balanço de pagamentos assegura que, em cada período de tempo, as receitas de exportação mais o total bruto dos empréstimos externos concedidos ( $B$ ) iguala-se ao dispêndio com importações competitivas, importações não-competitivas ( $MN$ ), pagamentos de juros ( $H$ ), pagamentos de amortizações da dívida ( $R$ ) e outras transferências em moeda estrangeira ( $F$ ):

$$pm_t \cdot M_t + MN_t + R_t + H_t + F_t = B_t + pe_t \cdot E_t \quad (\text{para todo } t) \quad (4)$$

Como os níveis das exportações e das importações são endógenos, esse balanço nos permitirá esclarecer a questão referente ao nível apropriado de abertura para a economia do país.<sup>9</sup>

A modelagem dos juros e amortização da dívida externa é descrita na Subseção 2.4. Por enquanto, é suficiente enfatizar que, sendo as amortizações incluídas nas despesas em moeda estrangeira, a variável referente aos empréstimos concedidos é definida em termos brutos.

Para maior simplicidade, uma formulação linear foi adotada para calcular a receita de exportações de cada setor. O vetor dos preços das exportações em cada ponto no tempo ( $pe_t$ ) é exógeno e pode ser mudado de modo a permitir a obtenção da curva de oferta de exportações da economia em vários cenários para a situação externa. Quantidades máximas de exportação, de cada bem em cada período, foram todavia especificadas, o que implicitamente supõe que o modelo de mercado para o setor expor-

<sup>9</sup> A equação (4) destaca também o uso potencial do modelo para a análise de questões referentes ao comércio externo.

tador é competitivo somente até aquele limite exógeno.<sup>10</sup> Para o setor manufatureiro, esses limites podem refletir restrições ao aumento da participação de mercado nos países de destino, que podem estar associadas a medidas protecionistas ou a alguma diferenciação de produto dentro de cada categoria de bens do modelo. Para os produtos agrícolas, os limites exógenos retratam os efeitos da inclinação negativa da curva de demanda nos mercados onde o Brasil é um grande competidor. Em ambos os casos, a análise do desempenho histórico permite derivar valores razoáveis das taxas máximas de crescimento.

Os dispêndios com importações têm dois componentes: importações competitivas e não-competitivas. Os gastos em ambos os casos são representados por uma função linear das quantidades importadas, como a que é mostrada na equação (4), onde o vetor dos preços das importações competitivas é  $pm_t$ . No modelo, as importações não-competitivas são requeridas para produção (um vetor  $MX$ ), formação de capital (um vetor  $MK$ ), consumo (um escalar  $MC$ ) e despesas do governo ( $MG$ ). Todos eles são endógenos, com exceção do último, e seus preços são designados, respectivamente, por  $px$ ,  $pk$ ,  $pc$  e  $pg$  na equação (5):

$$MN_t = px_t \cdot MX_t + pk_t \cdot MK_t + pc_t \cdot MC_t + pg_t \cdot MG_t \quad (\text{para todo } t) \quad (5)$$

O consumo privado das importações não-competitivas é determinado pela função utilidade, enquanto a tecnologia determina as outras duas categorias.

As transferências de moeda estrangeira para pagamentos de fatores são exogenamente projetadas e excluem os pagamentos de juros, que são computados separadamente, mas incluem remessas, dividendos e (menos) os investimentos estrangeiros diretos. Os fluxos de pagamento dos serviços não-fatores são computados como importações do setor serviços.

## 2.4 — Tecnologia e demanda de insumos

Como em qualquer exercício de modelagem, foi necessário fazer um compromisso entre os pontos que gostaríamos de elaborar e a complexidade e o tamanho do modelo. Devido a esta opção, a representação da função de produção foi a mais simples possível, a fim de reduzir o custo opera-

<sup>10</sup> Infelizmente, a interação desta especificação com a tecnologia Leontief poderá dar origem a um certo grau de comportamento "bang-bang", pois o modelo tenderá a se especializar, exportando até o limite nos setores mais atrativos e não comercializando externamente os restantes. Isto poderia ter sido evitado incorporando-se ao modelo funções não-lineares de receita de exportação. Do ponto de vista do algoritmo de solução do modelo, não haveria dificuldade de fazer esta extensão; entretanto, as especificações funcionais e as estimativas dos parâmetros importantes não estavam disponíveis, o que impediu que este aprimoramento pudesse ser feito com segurança no momento.

cional do modelo e permitir que fossem realizadas todas as simulações planejadas. Portanto, uma especificação de Leontief foi utilizada para representar a tecnologia de cada setor, com quatro categorias de insumos: produtos intermediários, importações não-competitivas, capital e trabalho. Seus níveis de utilização estão relacionados ao nível de atividade de cada setor através de coeficientes fixos.

A escolha endógena de tecnologias de produção poderia ter sido facilmente incluída no modelo, se os dados estivessem disponíveis, incluindo na matriz insumo-produto colunas que corresponderiam a diferentes tecnologias alternativas, como foi feito por Blitzer e Eckaus (1983) no modelo que elaboraram para o México. Esses vetores e suas combinações lineares podem, então, ser considerados como uma aproximação da isoquanta de cada setor, na qual o modelo seleciona um ponto, com base nos preços-sombra dos fatores, considerando as diferentes intensidades de uso dos insumos dessas tecnologias. Alternativamente, visto que o algoritmo de otimização permite restrições não-lineares, uma função de produção verdadeiramente neoclássica poderia ter sido especificada, pelo menos para alguns setores. Nenhuma dessas alternativas foi adotada aqui devido à falta de dados disponíveis e porque esta versão do modelo foi elaborada para enfatizar a questão do endividamento externo.

A demanda por produtos intermediários é calculada da maneira usual com o auxílio de uma matriz de coeficientes de insumo-produto ( $a$ ). As importações não-competitivas demandadas pelos diversos setores para atender à produção corrente são obtidas através da multiplicação por uma matriz diagonal ( $m_{xr}$ ), que contém os coeficientes das necessidades setoriais:

$$Z_t = a * X_t \quad (\text{para todo } t) \quad (6)$$

$$MX_t = m_{xr} * X_t \quad (\text{para todo } t) \quad (7)$$

Somente a mão-de-obra empregada no mercado formal é considerada escassa, e está incluída na formulação. Sua oferta ( $L$ ) não está modelada explicitamente, admitindo-se que ela cresça a uma taxa exogenamente determinada. O importante problema referente à absorção do grande contingente de autônomos e subempregados que existe no mercado informal de trabalho no Brasil não é abordado aqui.<sup>11</sup> Em consequência desta opção, o preço-sombra da mão-de-obra do mercado informal é implicitamente considerado como sendo nulo, o que representa uma hipótese extrema que, provavelmente, aumenta a importância relativa do capital e do emprego formal. Os requisitos setoriais de mão-de-obra seguem a especificação linear do resto do setor produtivo e estão contidos no vetor  $lv$ .

<sup>11</sup> Para o ano de 1983, a dimensão aproximada do mercado "informal" de mão-de-obra é de 6,9 milhões de trabalhadores rurais e de 9,6 milhões de trabalhadores urbanos. Isto pode ser comparado a 7,4 milhões de trabalhadores rurais e 23,9 milhões de trabalhadores urbanos empregados no mercado "formal".

O progresso técnico reduz os requisitos de mão-de-obra por unidade de produto, o que pode ser modelado especificando a oferta de mão-de-obra na equação (8) em termos de unidades de eficiência:

$$lr_t \cdot X \leq L_t \quad (\text{para todo } t) \quad (8)$$

O estoque de capital disponível em cada período é um vetor indexado por setor e depende das dotações iniciais (um vetor  $K_0$ ), dos fatores de depreciação (uma matriz diagonal  $d$ ) e das decisões de investimento tomadas pelo modelo em períodos anteriores (um vetor  $DK_g$ ). Em cada período, utilizam-se várias safras de capital para a produção, indexadas pelo período em que foram instaladas ( $g$ ). O total de capital disponível em cada período corresponde à soma do valor depreciado desses investimentos que, como são denominados em termos anuais, precisam ser agregados. Isto é feito aqui através da multiplicação do vetor depreciado de acréscimos de capacidade por uma matriz diagonal ( $f$ ) cujos elementos são o número de anos em cada período.<sup>12</sup> A demanda por serviços de capital em cada setor é obtida através da multiplicação do vetor de produtos brutos setoriais pela matriz diagonal dos coeficientes capital-produto ( $k$ ). A restrição de disponibilidade de capital pode então ser formulada da seguinte maneira:

$$k * X_t \leq d^t * K_0 + f * \sum_{g \leq t} (d^{t-g} * DK_g) \quad (\text{para todo } t) \quad (9)$$

A demanda por bens de investimento produzidos por um dado setor ( $I$ ) é determinada aplicando-se uma matriz de composição setorial do investimento ( $b$ ) às necessidades de novos investimentos de todos os setores. A demanda por bens de investimento importados não-competitivos também apresenta uma especificação linear, sendo obtida através da multiplicação do vetor de formação de capital pela matriz diagonal ( $mkr$ ) cujos elementos representam as importações requeridas por cada setor.

$$I_t = b * DK_t \quad (\text{para todo } t) \quad (10)$$

$$MD_t = mkr * DK_t \quad (\text{para todo } t) \quad (11)$$

Uma vez que é desconhecida a distribuição do investimento ( $I_0$ ) por cada setor de destinação no ano inicial, esta foi tratada endogenamente com a aplicação da equação (10) — porém com a igualdade substituída por uma desigualdade — para o ano inicial, permitindo ao modelo alocar eficientemente o investimento inicial.

<sup>12</sup> Visto que o nível de investimento é provavelmente crescente no tempo, o seu efeito no estoque de capital em um setor dependerá de seu período de gestação médio. Isto poderia ter sido considerado através do ajustamento dos elementos de  $f$  de uma maneira similar àquela utilizada em Goreux (1977, Cap. 10), o que implicaria que elementos da matriz fossem ligeiramente maiores que  $n$  nos setores com período de gestação pequeno e alta taxa de crescimento esperado, e ligeiramente inferior a  $n$  na situação contrária.

## 2.5 — Endividamento externo e serviço da dívida

O endividamento externo é uma importante variável no modelo. Fazendo com que a evolução dos empréstimos externos seja endógena, retrata-se uma opção de política que se apresenta efetivamente ao país e permite-se à economia simultaneamente ajustar o nível das atividades econômicas internas e das importações. Entretanto, deve haver uma previsão para o pagamento dos juros e amortização do principal da dívida externa durante e após o limite de tempo estabelecido pelo modelo. Uma parcela da dívida total deve ser resgatada em cada período, mas pode ser rolada pela contratação de novos empréstimos, mesmo que a uma taxa de juros maior. As opções de quanto pedir emprestado ( $B$ ) e de em que períodos este montante será pago ( $R$ ) são feitas endogenamente através da comparação do preço-sombra da divisa com os custos marginais do endividamento.

A dívida externa é representada aqui através de um modelo de safras, para permitir o cálculo preciso do efeito da situação das contas externas no total do pagamento dos juros. Para mostrar como isto é feito, seja  $D_{g,t}$  a dívida contratada no período  $g$  e existente no início do período  $t$ , onde o índice  $g$  varia de 0 a  $t - 1$ . A equação (12) mostra a sua dinâmica, em função dos fluxos de pagamento ( $R$ ), supondo-se que um empréstimo inicial tomado num determinado período só poderá ser pago mais tarde.<sup>13</sup> Sendo estes fluxos anuais, eles são multiplicados pelo número de anos de cada período na equação do balanço da dívida. A equação (13) define a dívida em um período referente ao endividamento do período anterior como sendo igual à soma dos fluxos anuais dos empréstimos naquele período:

$$D_{g,t+1} = D_{g,t} - nR_{g,t} \quad (\text{para todo } t \text{ e } 0 < g < t - 1) \quad (12)$$

$$D_{t,t+1} = nB_t \quad (\text{para todo } t) \quad (13)$$

Admite-se que o esquema de amortização para os empréstimos tomados em um dado período é exogenamente definido, sendo independente de quando ele é contraído. Isto significa que a parcela do empréstimo assumido no período  $g$ , que é amortizada em um período  $t$  subsequente, pode ser calculada como uma função ( $r$ ) da diferença entre estas duas datas. Esta formulação simplificada não considera mudanças no perfil do pagamento da dívida,<sup>14</sup> que podem, entretanto, ser uma opção de política externa para alguns países. No contexto do modelo, esta questão pode

<sup>13</sup> O escalonamento de pagamentos ( $R_{0,t}$ ) da dívida do ano inicial ( $D_{00}$ ) é conhecido, sendo utilizado na recorrência da equação (12).

<sup>14</sup> Isto é verdadeiro, exceto pelas mudanças que ocorrem em consequência do ajustamento gradual do perfil do pagamento da dívida inicial àquele sugerido pela aplicação do escalonamento de amortizações especificado na equação (14) para empréstimos futuros. Na medida em que a função  $r$  seja derivada do fluxo de pagamentos da dívida inicial, esta mudança é pequena.

ser tratada de modo mais apropriado através de uma análise de sensibilidade, visto que as modificações nos prazos de vencimento da dívida estão normalmente associados às mudanças nas taxas de juros cobradas:

$$R_{g,t} = r_{t-g} B_g \quad (\text{para todo } g \text{ e } t) \quad (14)$$

Para calcular o dispêndio com juros da dívida externa, este modelo considera que uma grande parcela da dívida contraída pelos países em desenvolvimento no mercado financeiro internacional tem os juros calculados com base numa taxa flutuante (isto é, LIBOR), mais um *spread* que supostamente reflete a taxa de risco imputada ao país. A dívida dos países em desenvolvimento também tem normalmente uma parcela contratada a taxas fixas, que é usualmente relativa aos empréstimos concedidos por governos estrangeiros e instituições oficiais, algumas vezes em termos preferenciais. Visto que a probabilidade de um grande subsídio ser concedido ao Brasil por meio de empréstimos externos a juros fixos é pequena, supõe-se que toda a dívida está sujeita ao esquema de juros flutuantes. Isto é, entretanto, somente uma simplificação, pois o modelo pode facilmente ser estendido para permitir este outro tipo de endividamento.

Os pagamentos de juros são calculados em termos reais, como é feito com todas as outras variáveis no modelo, excluindo os efeitos da inflação da moeda na qual a dívida está denominada. Como na realidade as amortizações são calculadas em termos nominais, uma inflação maior no país credor reduz o valor real<sup>15</sup> da dívida em qualquer ponto no tempo. Este efeito da inflação estrangeira pode ser simulado no modelo considerando-se uma amortização mais rápida da dívida denominada em termos reais.

Portanto, em qualquer período, os pagamentos de juros da dívida total ( $H$ ) têm dois componentes: o primeiro é proporcional à taxa real de juros, que é exógena e pode mudar a cada período, e o segundo é uma função das taxas de *spread* contratadas nos empréstimos tomados anteriormente, as quais estão fixadas para o prazo de validade do empréstimo. Como é mostrado na equação (15), a taxa efetiva de juros da dívida é composta pela taxa real de juros ( $h$ ) e a taxa endógena de *spread* ( $SH$ ):

$$H_{g,t} = (h_t + SH_g) D_{g,t} \quad (\text{para todo } g \text{ e } t) \quad (15)$$

Admitiu-se que, em um dado período, estas taxas de *spread* são uma função linear estacionária (com inclinação  $\alpha$ ) da razão entre o valor dos empréstimos tomados e um índice de renda real. Este índice é obtido totalizando os valores agregados setoriais, cada qual calculado como o

<sup>15</sup> O valor real é obtido deflacionando a dívida pelo índice de preços da moeda na qual ela é denominada.

resultado da multiplicação do produto bruto setorial, pela taxa de remuneração dos fatores que prevaleciam no período inicial (um vetor  $va$ ):<sup>16</sup>

$$SH_t = \alpha (B_t/Y_t) \quad (\text{para todo } t) \quad (16)$$

$$Y_t = va \cdot X_t \quad (\text{para todo } t) \quad (17)$$

A relação fundamental que suporta a equação (16) é a associação do modelo-padrão de mercado de capitais (CAPM)<sup>17</sup> à hipótese de que valores maiores de empréstimos brutos (relativamente à renda nacional) são encarados pelos credores como sinais de maior incerteza com relação aos retornos sobre seus empréstimos. Isto sugere que a taxa de *spread* estabelecida para os empréstimos tomados durante um dado ano deva ser uma função do nível bruto de empréstimos tomados naquele ano.

Esta formulação, baseada numa perspectiva de longo prazo, é apresentada apenas como uma maneira razoável de se encarar, do ponto de vista do tomador, o custo de recursos do euromercado, e não pretende ser uma análise da determinação racional das taxas de *spread* naquele mercado. Observamos também que esta formulação permite ao país agir como monopsonista, pois na solução ótima os custos marginais dos empréstimos estrangeiros são igualados à sua produtividade marginal.

Outras variáveis explanatórias foram também consideradas para inclusão no cálculo das taxas de *spread*, mas a formulação adotada foi a que teve melhor ajustamento empírico. A utilização do acréscimo líquido de endividamento, como variável explicativa, foi evitada porque as várias equações que foram estimadas utilizando aquela variável apresentaram resultados estatísticos insatisfatórios. Este resultado negativo pode ser racionalizado, admitindo que no mercado de *eurobonds* a decisão de emprestar é avaliada independentemente dos pagamentos referentes a empréstimos anteriores, o que ocorreria se em cada período os credores não fossem forçados a refinanciar os empréstimos vencidos, como parecia ocorrer até alguns anos atrás.

A utilização de uma especificação envolvendo a dívida como variável explicativa para o *spread* de cada período foi evitada, pois, sendo uma variável de estoque, a dívida varia mais lentamente, e não refletiria a dinâmica da taxa se, por exemplo, a velocidade de endividamento fosse drasticamente reduzida. A relação entre o serviço da dívida e as exportações, que é também uma variável explicativa usual, foi relegada por apresentar um resultado empírico insatisfatório. Entretanto, uma equação

<sup>16</sup> A renda, como tal, não está disponível no primal do modelo, visto que depende dos preços-sombra dos diversos bens. Entretanto, o índice do produto interno bruto aos preços do ano-base, que é utilizado na equação (16), pode sempre ser calculado.

<sup>17</sup> O modelo-padrão de mercado de capitais indica que as taxas de retorno dos títulos com alta taxa de risco não-diversificável devem incluir uma parcela de prêmio de risco maior do que aqueles de menor risco.

utilizando a razão entre a dívida e a renda como variável independente teve bom ajustamento, sendo utilizada para calcular a taxa de *spread* no período pós-terminal, como será descrito na próxima seção.

As equações seguintes definem algumas variáveis utilizadas acima: a dívida total ( $D$ ), as amortizações ( $R$ ) e os pagamentos dos juros ( $H$ ) de um dado período podem ser calculados pela soma das variáveis correspondentes para os diversos prazos de maturidade:

$$D_t = \sum_g D_{g,t} \quad (\text{para todo } t) \quad (18)$$

$$R_t = \sum_g R_{g,t} \quad (\text{para todo } t) \quad (19)$$

$$H_t = \sum_g H_{g,t} \quad (\text{para todo } t) \quad (20)$$

## 2.6 — Estoques terminais e utilidade pós-terminal

Pode-se definir a dívida terminal ( $DT$ ) e o estoque terminal de capital ( $KT$ ) como nas equações abaixo, onde todas as variáveis com um subscrito  $T$  se referem aos valores existentes ao início do último período:

$$DT = D_T - nR_T + nB_T \quad (21)$$

$$DT = d * K_T + nDK_T \quad (22)$$

Supondo-se que um estado estacionário prevalece durante o período pós-terminal, a expressão referente ao termo de aproximação da utilidade *per capita* para o horizonte infinito ( $V$ ) pode ser derivada através do cálculo da função utilidade indireta associada à função utilidade em (1) e (2) no período final. Como mostra a equação (23), ela pode ser escrita como uma função logarítmica generalizada da renda final, com o consumo mínimo total igual à soma do consumo mínimo dos vários bens —  $\gamma$  em (2). A interpretação intuitiva da expressão é a seguinte:  $V$  é o valor presente de um fluxo infinito de utilidades anuais que se pode obter, utilizando o fluxo de renda que excede o consumo mínimo. A renda terminal total é a soma da renda do trabalho, mais o retorno anual (a uma taxa  $\varrho$ ) sobre estoque de capital terminal, menos o custo dos juros referentes à dívida terminal. A renda do trabalho no período pós-terminal ( $YT$ ) e o retorno do capital terminal ( $\varrho$ ) são considerados exógenos, mas podem ser estimados com base em algumas simulações preliminares. Essa exogeneidade foi mantida para evitar complexidade excessiva na estrutura de preços-sombra do modelo. Fazendo  $NT$  representar a população ao término do último período e  $\eta$  a taxa pós-terminal de crescimento populacional, a equação (23) apresenta a expressão para a utilidade terminal *per capita* ( $V$ ):

$$V = (\delta - \eta)^{-1} \log [(YT + \varrho KT - HT) / NT - \sum_i \gamma_i] \quad (23)$$

O pagamento dos juros referentes à dívida terminal na equação acima ( $HT$ ) é calculado na equação (24), onde a taxa de juros é igual à LIBOR real mais a taxa de *spread*, que é calculada como uma função linear (com inclinação  $\sigma$ ) da razão entre a dívida total e o índice da renda real definido anteriormente (isto implica que o custo da dívida terminal, que reduz a renda superavitária pós-terminal, seja uma função quadrática da dívida):

$$HT = [h_T + \sigma (DT/YT)] DT \quad (24)$$

### 3 — A implementação do modelo

O modelo foi aplicado ao Brasil para um período de 24 anos, de 1984 a 2008, que é dividido em seis períodos de quatro anos. Variáveis endógenas e balanços são calculados no início de cada período. O último período termina em 2008, data em que o termo relativo à utilidade terminal na função objetivo é avaliado.<sup>18</sup> A confiabilidade que se pode atribuir aos resultados relativos aos últimos períodos deve, entretanto, considerar o fato de que alguns parâmetros da economia real, que correspondem a coeficientes estáticos do modelo, podem mudar no curso de um horizonte tão dilatado. A economia é dividida em nove setores produtivos: 1) agricultura; 2) agroprocessamento; 3) construção; 4) bens de capital manufaturados; 5) outros bens manufaturados; 6) petróleo; 7) utilidade pública, água, gás; 8) transportes e comunicações e 9) serviços.

O modelo foi implementado através do uso do gerador matricial GAMS e solucionado por meio do algoritmo de programação não-linear MINOS.<sup>19</sup> Ele contém sete equações não-lineares, e sua matriz de coeficientes possui 350 linhas, 484 colunas e 1.685 elementos diferentes de zero. No ponto ótimo, 48 variáveis não-lineares são superbásicas.<sup>20</sup>

<sup>18</sup> A precisão da aproximação com relação à solução com horizonte infinito, que pode ser avaliada ao se incluir no modelo um número maior de períodos, é discutida na próxima seção.

<sup>19</sup> Para uma introdução a estes programas, ver, respectivamente, Kendrick e Meeraus (1985) e Murtagh e Saunders (1983). O autor agradece a Sethu Palaniappan por diversas sugestões de como implementar o modelo na linguagem GAMS.

<sup>20</sup> O tempo necessário para a solução numa máquina CYBER, partindo-se de um *cold start*, foi cerca de 17 segundos, porém o modelo pode ser rodado em quatro horas em um IBM PC com 640 K e co-processador. O modelo foi desenvolvido utilizando-se a versão CYBER do *software*, devido ao fato de seu tempo de resposta ser mais rápido.

Deve ser enfatizado que o MINOS 5.0, sendo um algoritmo de programação não-linear, não pode, em geral, alcançar soluções ótimas exatas. Ele atinge apenas uma solução ótima aproximada onde a norma do gradiente está dentro de um pequeno intervalo de tolerância em torno do valor zero. O algoritmo foi sempre capaz de convergir para a solução ótima, desde que os parâmetros principais (taxa de desconto, LIBOR, etc.) se encontrassem na faixa de valores para os quais o comportamento do sistema dinâmico implícito no modelo de programação fosse estável. Em alguns casos correspondentes a situações não estáveis, o algoritmo falhou em encontrar uma solução com a precisão especificada.

### 3.1 — Construção da base de dados <sup>21</sup>

A maior parte dos dados utilizados na implementação do modelo pode ser deduzida da matriz de transações intersetoriais e demandas finais para 1983 (ver Apêndice), que foi construída através da atualização de tabelas preliminares para 1975 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). <sup>22</sup> As unidades para todos os produtos e fatores no modelo, além de compatíveis com este quadro, são definidas como as quantidades que poderiam ser compradas com um bilhão de cruzeiros em 1983. Está implícita nesta definição a hipótese de que a agregação dentro de cada setor baseia-se nos preços do ano inicial. Os outros dados importantes para o modelo estão relacionados na Tabela 1, tendo sido obtidos da maneira como se descreve a seguir.

Os parâmetros da função utilidade (os vetores  $\beta$  e  $\gamma$ ) foram calculados de modo que o sistema de dispêndios lineares fosse capaz de reproduzir o vetor consumo de 1975 e as elasticidades-renda calculadas por Williamson e McCarthy (1981). Os valores calculados implicam uma elasticidade global de substituição de 0,54 em 1983. A taxa de desconto utilizada na função utilidade foi de 4%, que é consistente — dada a taxa de poupança marginal de 0,84 gerada pelos  $\beta$  da Tabela 1 — com um retorno anual líquido real para a poupança pessoal de 5%. Este valor é bastante razoável, visto que a taxa real de retorno dos depósitos de poupança indexados no Brasil é de 6%.

<sup>21</sup> A construção da base de dados para o modelo está descrita mais detalhadamente em Tourinho (1985).

<sup>22</sup> Infelizmente, não foi possível, dado o tempo disponível para a coleta de dados, simultaneamente manter a consistência da matriz insumo-produto de 1975 e alcançar uma correspondência com as contas nacionais agregadas para 1983. O PNB na tabela atualizada é 10% menor que o valor das contas nacionais, em parte devido à discrepância já encontrada na tabela de 1975.

TABELA 1

## Parâmetros das funções de utilidade e de produção

Setores/Produtos	% da participação no consumo marginal ( $\beta_i$ )	% do consumo mínimo no total de 1983 ( $\gamma_i/c_i$ )	Relação capital/ produto bruto	Depreciação anual, esto- que de capital (%)	Relação trabalho/ produto bruto
Agricultura	2,41	70,8	2,600	1,6	0,1340
Agroprocessamento	7,63	70,8	1,520	3,7	0,0504
Construção	—	—	0,572	4,2	0,1607
Bens de capital manufaturados	5,01	28,4	1,092	4,0	0,0845
Outros bens manufaturados	16,46	30,2	1,278	3,6	0,0784
Petróleo	3,97	42,9	2,075	3,6	0,0341
Utilidade pública, água, gás	2,72	25,4	3,556	3,4	0,1866
Transportes e comunicações	7,09	22,6	0,935	4,5	0,2470
Serviços	37,72	46,8	2,354	3,9	0,1923
Importações não-competitivas	0,79	52,0	—	—	—
Média			1,769		0,1226

Os coeficientes capital/produto e mão-de-obra/produto foram derivados da participação relativa na renda dos fatores respectivos, utilizando-se dados para depreciação e taxa de lucro encontrados em Lysy e Taylor (1980b).<sup>23</sup>

A inclinação da função utilizada para o cálculo da taxa de *spread* em cada período — equação (16) — e da função de custo dos juros pós-terminais — equação (24) — são, respectivamente,  $\alpha = 29,69$  e  $\sigma = 5,26$ , com a taxa de *spread* fornecida em pontos percentuais. Estes valores foram

<sup>23</sup> É necessário fazer algumas considerações sobre a credibilidade dos dados. Os dados primários sobre os coeficientes capital/produto setoriais não estavam disponíveis e, portanto, tiveram que ser estimados indiretamente. Há no Brasil muito pouca informação sobre a matriz de composição setorial marginal do investimento, o que exigiu que esta fosse construída agrupando-se informações de diversas fontes, não tendo, portanto, dados primários que lhe dêem suporte. Uma estimativa empírica do sistema de dispêndios lineares estendido também não estava disponível, mas as elasticidades que foram utilizadas para inferir os parâmetros adotados não devem estar muito afastados dos seus valores reais. Finalmente, a possibilidade de que quaisquer destes parâmetros não sejam estáveis com o passar do tempo pode magnificar algum erro de estimação. Visto que neste projeto não tinha sido previsto um investimento substantivo na construção da base de dados, tentamos extrair o máximo dos dados disponíveis, mas deve ser enfatizado que ainda é necessário um trabalho de validação destes coeficientes.

obtidos através de uma análise, utilizando regressão linear simples,<sup>24</sup> das taxas efetivas de *spread* em empréstimos para o Brasil no mercado de *eurobonds*, entre 1974 e 1984. Supõe-se que estas relações comportamentais continuarão a prevalecer no futuro, apesar de não haver, *a priori*, uma razão para que isto ocorra. Se os arranjos institucionais para o refinanciamento da dívida dos países em desenvolvimento modificarem-se no futuro, novas regras que determinem o custo dos juros da dívida deverão ser incluídas no modelo.

Para a taxa anual de crescimento populacional e da força de trabalho foram adotados, respectivamente, os valores de 2,5 e 3%, que são consistentes com o comportamento histórico e com algumas projeções feitas para o Brasil. Foi adotado o valor de 2% ao ano para a taxa de progresso técnico no aumento da produtividade do fator trabalho.

Supõe-se que os gastos governamentais cresçam à mesma taxa que a população, o que significa que são inelásticos com relação à renda *per capita*. Esta não é a hipótese comumente adotada em modelos para o Brasil, mas este parâmetro pode ser mudado facilmente para verificar a sensibilidade da solução com relação a ele.<sup>25</sup>

Para o cenário do caso-base,<sup>26</sup> foram elaboradas as seguintes hipóteses *ad hoc* quanto aos valores dos parâmetros restantes: a taxa LIBOR real estabiliza-se em 5% ao ano, o que é ligeiramente inferior ao valor corrente, não retornando aos baixos níveis registrados no início dos anos 70; as taxas anuais de crescimento máximo das exportações agrícolas e de manufaturados são de 5 e 10%, respectivamente, antevendo uma taxa anual de crescimento do comércio internacional na ordem de 5% e um aumento da participação brasileira nos mercados de produtos manufaturados; considera-se que a produção interna de petróleo estabiliza-se a um nível de 600.000 barris por dia;<sup>27</sup> os termos de troca são considerados estáveis ao nível de 1983. Uma análise da sensibilidade com respeito aos parâmetros do cenário básico é mostrada na Seção 5.

Finalmente, devido à dificuldade de se obter uma estimativa desagregada de utilização da capacidade apropriada à estrutura do modelo, supôs-se a hipótese da predominância do pleno emprego em 1983, apesar de ter sido este um ano de recessão. Além disso, visto que afastamentos cíclicos do pleno emprego são difíceis de tratar em modelos deste tipo, não foram empreendidas tentativas para verificar se a inclusão de folgas nas restrições de capital e mão-de-obra para o período inicial levaria a

<sup>24</sup> Os valores de  $R^2$  para as duas equações foram, respectivamente, 0,47 e 0,50, sendo ambos os coeficientes significativos a um nível de 5%.

<sup>25</sup> Variações na taxa de crescimento dos gastos do governo, numa faixa razoável, provavelmente não causarão nenhum impacto nas conclusões da análise da sensibilidade da Seção 5.

<sup>26</sup> Nunca é demais enfatizar que estes são apenas cenários para os valores de parâmetros cuja evolução futura é muito difícil de prever, não se constituindo em projeções sobre o seu valor provável.

<sup>27</sup> A análise de sensibilidade com relação a este parâmetro é apresentada na Subseção 5.4.

resultados satisfatórios. Esta hipótese, entretanto, não parece ser demasiadamente problemática para análises de longo prazo, para as quais este modelo é apropriado.

### 3.2 — O ajuste dos parâmetros da utilidade terminal

A taxa de retorno líquido do capital no período pós-terminal foi estimada de modo a garantir que a equação Ramsey fosse satisfeita no início do período pós-terminal do modelo. Isto pode ser mostrado através de uma versão simplificada do modelo em que a condição de equilíbrio reduz-se à expressão (25),<sup>28</sup> onde a taxa de declínio da utilidade marginal *per capita* pode ser localmente aproximada pela taxa de crescimento do consumo *per capita* dividida pela elasticidade de substituição:

$$\left[ \begin{array}{c} \text{taxa marginal de} \\ \text{produtividade do} \\ \text{capital} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \text{taxa de desconto} \\ \text{da utilidade} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{c} \text{taxa de declínio} \\ \text{da utilidade} \\ \text{marginal} \end{array} \right] \quad (25)$$

Inicialmente, devemos nos lembrar que a taxa de desconto do caso-base ( $\delta$ ) é igual a 4%, e observar que a taxa sustentável de crescimento do consumo *per capita* no período pós-terminal é a soma da taxa de aumento da produtividade da mão-de-obra (2%), mais a taxa de crescimento da participação no mercado de trabalho (0,5%). Dadas as taxas de crescimento mencionadas anteriormente para população e renda *per capita*, a elasticidade de substituição no sistema de dispêndios lineares ampliado apresentaria um resultado médio de 0,66 durante o período de planejamento. Portanto, a taxa aproximada de declínio da utilidade marginal *per capita* é de 3,8%, e a estimativa, em tempo discreto, do retorno de capital para o período pós-terminal ( $\rho$ ) é de 8,0%.

A renda anual líquida do trabalho no período pós-terminal, cuja principal função é determinar a inclinação da condição terminal na função utilidade, foi fixada em 240 trilhões de cruzeiros (de 1983), assumindo um crescimento médio da renda *per capita* de 2,5% durante o período de planejamento.

Dados os valores para  $\delta$ ,  $\rho$  e  $YT$ , os resultados iniciais (ver, como exemplo, o caso-base na próxima seção) revelaram que a economia atingiu uma taxa anual de crescimento de cerca de 5%. Para o último período do modelo, a taxa média bruta de retorno do capital<sup>29</sup> foi de aproximadamente 12%, implicando um retorno líquido de 8,2%, dado que a taxa

<sup>28</sup> Observe a ausência da taxa de crescimento da população na equação (25), pois na função objetivo (I) a maximização é da soma das utilidades de todos os agentes.

<sup>29</sup> A taxa de retorno é obtida computando-se o preço-sombra do capital em unidades de consumo. No sistema de Leontief, a produtividade marginal setorial do capital não é, estritamente falando, bem definida. O preço-sombra, entretanto, pode ser obtido do modelo.

média de depreciação é de 3,8%. Verificou-se que a taxa de decréscimo da utilidade marginal agregada encontrava-se próxima do valor previsto de 6,3%, o qual foi calculado adicionando-se a taxa de crescimento da população à taxa de decréscimo da utilidade marginal *per capita*.

Uma análise de sensibilidade com relação à taxa de retorno do capital ( $\rho$ ) na vizinhança do valor de 8% revelou que o valor de 8,2% produz, para a série de simulações aqui propostas, um comportamento suave para consumo, investimento e endividamento. Este último valor foi então adotado para as rodadas subsequentes do modelo.

Os valores para estes parâmetros indiretamente estimados foram mantidos constantes em todas as simulações apresentadas na próxima seção, apesar de indícios, em alguns casos, de que alguns pequenos ajustes deveriam ser realizados.

A existência de uma função convexa para o custo dos empréstimos externos gera outra condição de equilíbrio para o modelo, que requer que o retorno marginal do capital seja igual ao custo marginal do endividamento. Isto nos permite calcular o valor da razão entre a dívida pós-terminal e a renda como sendo aproximadamente igual a 0,3. Este valor, embora menor que o atual de 0,42, está muito próximo daquele verificado para a razão dívida/produto efetivamente selecionada pelo modelo para os últimos períodos do horizonte de tempo, indicando que não há nenhuma contradição entre os parâmetros para o período pós-terminal e o resto do modelo.

Experimentos com a ampliação do horizonte de análise do modelo para sete, oito e 10 períodos mostraram que a formulação escolhida para endogeneizar o período pós-terminal leva a maior parte das variáveis a apresentar, no modelo de seis períodos, o comportamento correto de longo prazo. Entretanto, quando os valores dos fluxos do setor externo no último período são comparados com as soluções com oito e 10 períodos, observam-se desvios significativos. Eles indicam que a equação (23) pode induzir o modelo a gerar grandes *superavits* comerciais quando se aproxima o fim do horizonte de análise, pois assim o modelo transfere uma dívida artificialmente pequena para o período pós-terminal.<sup>30</sup>

#### 4 — Resultados para o cenário do caso-base

Várias considerações importantes devem ser feitas antes de começarmos a discussão dos resultados. Primeiramente, estas soluções são obtidas através de uma otimização efetuada sob condições de previsão perfeita, o que

<sup>30</sup> Isto ocorre possivelmente devido ao fato de a renda pós-terminal do trabalho ser exogenamente especificada nesta formulação.

significa que, caso o modelo possa calcular que a situação da economia será melhor (ou pior) no futuro, ele tomará decisões no presente que levarão tal fato em consideração. Como o modelo é uma representação determinística de um mundo efetivamente estocástico, as soluções só podem ser interpretadas em um contexto de expectativas racionais com penalidades idênticas para oscilações acima e abaixo do valor esperado. Em segundo lugar, como o modelo é de natureza normativa, a solução não deve ser encarada, portanto, como uma previsão. Em terceiro lugar, presume-se que o comportamento das variáveis dentro dos períodos é uniforme, o que significa, em particular, que os valores para 1983 devem ser interpretados como aqueles que produziram uma trajetória ótima até 1988 e não refletem contingências de curto prazo que afetaram a economia naquele ano. Em quarto lugar, é conveniente enfatizar que a unidade contábil do modelo é bilhões de cruzeiros constantes de 1983,<sup>31</sup> um fato que é particularmente relevante quando analisarmos as contas externas, onde a amortização e os pagamentos dos juros devem ser interpretados em termos reais, excluindo os efeitos da inflação do dólar americano e as variações da taxa de câmbio relativamente às moedas de outros países.

Os principais agregados, todos avaliados com base nos preços do ano inicial, são mostrados na Tabela 2, que está dividida em quatro partes: a contabilização da renda, o balanço de pagamentos e as estatísticas para os estoques de capital e de trabalho. Estes agregados serão discutidos a seguir.

O consumo no ano 2000 será cerca de 2,13 vezes maior que o nível atual, correspondendo a uma taxa média anual de crescimento de 4,75%, enquanto que o produto bruto cresce um pouco mais rapidamente, a 4,91% ao ano. O consumo *per capita* cresce numa média de 2,2% ao ano, uma taxa muito próxima ao seu valor estacionário, que é igual à taxa de crescimento da produtividade do trabalho.

O *superavit* comercial apresenta um valor de cerca de 4,5 bilhões de dólares até 1992, e a partir daí cresce 9% ao ano. O grande *superavit* comercial de 12,9 bilhões de dólares em 1984 pode, desta forma, ser certamente considerado excessivo, na perspectiva de longo prazo do modelo.<sup>32</sup> A dívida externa cresce 4% ao ano até 1996 e depois estabiliza-se a um nível de 130 bilhões de dólares.

O balanço de transações correntes mostra que o influxo médio de novos empréstimos é de 4,5 bilhões de dólares anualmente até 1996 (admite-se que não há variação de reservas), mostrando que a estratégia ótima neste

<sup>31</sup> A taxa média de câmbio para 1983 foi de Cr\$ 577 por dólar, de acordo com o FMI (1984).

<sup>32</sup> Devemos lembrar ao leitor que o modelo não contém restrições quanto ao nível de empréstimos tomados a cada período e, portanto, não endogeneiza o estreitamento do mercado ocorrido a partir de 1983.

TABELA 2

*Agregados econômicos para o cenário do caso-base  
(calculados com base nos preços do ano inicial)*

	1984 <sup>a</sup> (Cr\$ bilhões de 1983)	1984 <sup>a</sup> (US\$ bilhões)	Índices				
			1984	1988	1992	1996	2000
Produto bruto	207.777,8	360,1	1,0	1,206	1,462	1,771	2,145
Renda doméstica bruta	111.319,2	192,9	1,0	1,205	1,461	1,766	2,136
Consumo	76.631,5	132,8	1,0	1,193	1,464	1,759	2,130
Investimento	27.392,1	47,5	1,0	1,286	1,508	1,831	2,222
Consumo do governo	4.652,4	8,1	1,0	1,126	1,267	1,426	1,605
Exportações	12.927,5	22,4	1,0	1,212	1,704	2,352	3,094
Importações não-competitivas	5.018,7	10,3	1,0	1,206	1,484	1,819	2,244
Total de importações	10.284,4	17,8	1,0	1,302	1,826	2,474	3,277
Balança comercial	2.643,1	4,6	1,0	0,861	1,226	1,879	2,380
Dívida externa registrada	46.385,8	80,4	1,0	1,157	1,391	1,601	1,704
Amortizações	7.596,1	13,2	1,0	0,964	0,940	1,284	1,358
Juros	3.491,0	6,1	1,0	1,150	1,347	1,486	1,525
Transferências	973,7	1,7	1,0	1,000	1,000	1,000	1,000
Transações correntes	-1.821,6	-3,2	1,0	1,489	1,337	0,656	0,004
Empréstimos	9.417,7	16,3	1,0	1,066	1,017	1,162	1,096
Estoque de capital	358.294,8	620,9	1,0	1,191	1,445	1,739	2,097
Formação de capital	28.946,8	50,2	1,0	1,277	1,502	1,822	2,214
População <sup>b</sup>	131,374		1,0	1,104	1,218	1,345	1,485
Emprego <sup>b</sup>	31,999		1,0	1,113	1,250	1,398	1,565

<sup>a</sup>Estes são os valores calculados pelo modelo para 1984.

<sup>b</sup>Estas variáveis são representadas em milhões de indivíduos.

cenário básico é alcançar uma situação de equilíbrio no balanço de transações correntes somente ao fim do horizonte de análise. O impacto de se exigir uma conta corrente equilibrada antes daquela data será analisado posteriormente.

A média ponderada dos preços-sombra dos vários bens, com pesos proporcionais às suas participações no consumo inicial, é mostrada na última parte da Tabela 3, que mede a utilidade marginal da renda em diversos períodos de tempo e é utilizada como numcrário para calcular os outros preços na economia. Ela decresce devido à presença do fator de desconto na função objetivo e ao efeito conjunto do crescimento da renda e da concavidade da função utilidade.

TABELA 3

*Preços-sombra e taxas implícitas para o cenário do caso-base  
(em unidades de consumo)*

	1984	1988	1992	1996	2000
Preços Consumo	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Mão-de-obra	2,334	2,371	2,655	2,705	2,660
Moeda estrangeira	1,086	1,027	1,027	1,024	1,022
Taxa marginal anual de retorno de capital <sup>a</sup>	0,168	1,148	0,129	0,125	0,127
Taxa de juros média anual dos empréstimos externos	0,075	0,085	0,073	0,070	0,067
Numerário <sup>b</sup>	11,700	8,798	6,306	4,720	3,520

<sup>a</sup>Esta é bruta de depreciação.

<sup>b</sup>Ver o texto para definição do numerário.

A taxa agregada de retorno de capital na Tabela 3 é a média dos retornos setoriais do investimento, em termos de unidades de consumo, durante o período de um ano, que são calculadas como a razão entre a utilidade marginal da renda de uma unidade de capital em cada setor e a utilidade marginal do consumo. Esta produtividade é decrescente devido ao aumento da razão capital/produto. Visto que, na margem, a economia pode fazer crescer o estoque de capital através da compra no exterior de uma unidade adicional de capital, o nível de empréstimos ajusta-se de tal forma que o custo marginal dos juros seja igual ao retorno marginal do capital, líquido de depreciação. O decréscimo na taxa marginal, o qual é seguido de uma redução na taxa média mostrada na Tabela 3, é obtido através de uma redução no total de empréstimos, relativamente à renda. O preço-sombra da divisa é próximo da unidade em todos os períodos, com exceção do primeiro, indicando que nenhuma depreciação real seria necessária para dar suporte ao equilíbrio do mercado associado a esta solução.

Visto que a unidade de mão-de-obra é definida como a quantidade que poderia ser comprada no ano inicial com um bilhão de cruzeiros, o preço-sombra do trabalho deve ser interpretado como sendo o salário de eficiência. Seu valor na Tabela 3 indica que ele é duas vezes maior que o salário de mercado do ano-base.

A comparação entre o valor médio para o horizonte de análise dos preços-sombra normalizados das mercadorias (Tabela 4) e os preços de mercado de 1983 (unitários por definição) mostra que as únicas grandes alterações necessárias para a eficiência econômica seriam acréscimos de 20 e 30% nos preços dos setores de utilidades e de transportes e comu-

nações.<sup>33</sup> Os preços dos produtos comercializáveis tendem aos preços dos produtos internacionais, com apenas uma discrepância grande no preço dos produtos agrícolas no período 1984/88.

Os preços-sombra relativos dos bens variam ao longo do tempo devido a mudanças ocorridas nos preços-sombra dos fatores, que, além de utilizados com intensidades diversas em várias indústrias, mudam, por sua vez, em cada período em resposta à sua escassez relativa. Os preços-sombra das mercadorias comercializadas internacionalmente (produtos manufaturados e agrícolas) podem não coincidir com o da divisa, pois eles incorporam também os efeitos das equações que limitam o nível das exportações em cada período. Por outro lado, visto que o setor petrolífero doméstico está sujeito a limites exógenos que são sempre restritivos, o preço-sombra do petróleo coincide com o preço da divisa, uma vez que o seu preço internacional é unitário no caso-base.

TABELA 4

*Preço-sombra das mercadorias no caso-base  
(em unidades de consumo)*

	Agri- cultura	Agro- proces- samento	Cons- trução	Bens de capital	Outros bens manufa- turados	Pe- tró- leo	Uti- li- dades	Trans- portes e comu- nicações	Serviços
1984	0,71	0,99	1,17	1,04	1,04	1,09	1,22	1,27	0,97
Médias	0,94	1,01	1,09	1,02	1,00	1,02	1,20	1,31	0,95

\*Média aritmética dos valores de 1988 a 2004.

## 5 — Análise de sensibilidade

Foram feitos seis conjuntos de rodadas de análise de sensibilidade para avaliar a resposta do modelo às mudanças nos parâmetros que caracterizam as condições no setor externo:<sup>34</sup> a primeira e a segunda subseções a seguir registram as mudanças ocorridas na solução ótima, devidas a alterações na taxa de desconto e no custo do endividamento externo, respectivamente; a terceira tenta avaliar os efeitos nos resultados de mudanças

<sup>33</sup> É também possível, embora pouco provável, que isto seja uma indicação de que os coeficientes tecnológicos na produção exageram os custos verdadeiros destes setores. Alternativamente, isto poderia estar assinalando a necessidade de incluir no modelo tecnologias alternativas de produção para estes setores.

<sup>34</sup> Observe-se que os valores para 1984, como são calculados no modelo, mudam entre os diversos cenários.

nos mercados externos, variando o crescimento permitido das exportações; a quarta avalia a importância do setor petrolífero analisando o impacto na solução de níveis mais elevados de produção interna de petróleo e de um aumento nos preços internacionais do petróleo; a quinta procura calcular o impacto de hipóteses alternativas sobre o valor dos coeficientes que caracterizam o requisito de importações não-competitivas; e a sexta subseção discute os efeitos da especificação adotada para o cálculo da taxa de *spread*.

Deve ficar claro que esta é somente uma pequena seleção das análises de sensibilidade que se poderiam fazer, mas espera-se que elas ilustrem a capacidade e a flexibilidade do modelo para avaliar, de modo consistente, uma série de decisões de planejamento, especialmente aquelas relativas ao endividamento externo.

### 5.1 — A sensibilidade com relação à taxa de desconto

Esta subseção discute os impactos na solução de hipóteses alternativas com respeito à taxa de desconto para a utilidade. De acordo com a argumentação da Subseção 3.2, lembremo-nos de que a relação dinâmica que norteia o comportamento do modelo exige que, ao longo da trajetória ótima, o custo marginal da dívida externa seja igual à soma da taxa de desconto com a taxa de decréscimo da utilidade marginal. Visto que a primeira é igual à soma da taxa LIBOR real com a taxa de *spread* marginal e a segunda é aproximadamente constante, acréscimos na taxa de desconto para utilidade gerarão níveis ótimos mais elevados de endividamento, uma vez que a taxa de *spread* ajusta-se para satisfazer a equação Euler. A política ótima de endividamento, por essa razão, depende essencialmente da diferença entre a LIBOR real e a taxa de desconto, através do custo marginal do endividamento. Isto é mostrado no Gráfico 1, que apresenta a variação ocorrida no total da dívida externa quando  $\delta$  é aumentada para 5, 6 e 8%,<sup>35</sup> enquanto se mantém a LIBOR real em 5%, que é o valor do caso-base.

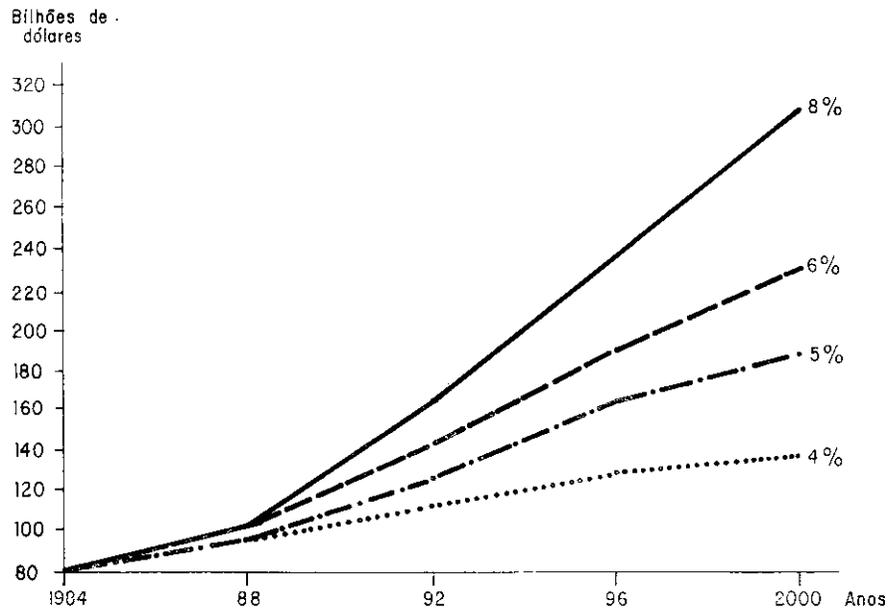
A convexidade introduzida na formulação do modelo pelo custo endógeno de endividamento nos permite evitar a especificação da taxa de juros nos empréstimos externos como igual à taxa de desconto. Entretanto, o fato de a dívida se elevar<sup>36</sup> acentuadamente, em cada ponto no tempo, à medida que aumenta a taxa de desconto, mostra que isso pode levar a taxas irrealisticamente altas de *spread* marginais. Isto ocorre porque, devido à especificação e parâmetros, a função de custo da dívida neste

<sup>35</sup> A LIBOR real foi mantida em 5%, mas o retorno pós-terminal do capital ( $q$ ) foi ajustado para 9,2, 10,2 e 12,2%, como se fazia necessário para satisfazer a equação de Euler no período pós-terminal.

<sup>36</sup> De fato, com  $\delta = 8\%$ , o limite arbitrário de 435 bilhões de dólares para a dívida externa terminal foi alcançado.

Gráfico 1

SENSIBILIDADE DO NÍVEL DA DÍVIDA EXTERNA COM RELAÇÃO  
À TAXA DE DESCONTO PARA UTILIDADE



modelo não tem uma convexidade suficiente para compensar grandes diferenças entre as duas taxas.

Quanto à estrutura intertemporal de consumo, o deslocamento para períodos iniciais é possibilitado pelo acréscimo do endividamento, como ilustrado na Tabela 5.

TABELA 5

*A sensibilidade da taxa de crescimento anual do consumo  
às variações na taxa de desconto para utilidade*

Taxa de desconto	1984/88	1988/92	1992/96	1996/2000
4%	4,50	5,26	4,70	4,89
5%	4,85	4,92	4,87	4,61
6%	5,06	4,61	4,50	4,64
8%	5,58	4,22	4,02	4,61

A conclusão a ser extraída aqui é o fato de que o estudo da política ótima de endividamento no modelo deve centrar-se nos resultados da análise de sensibilidade, como será feito nas próximas subseções. Os valores tomados pelas variáveis do setor externo na solução do caso-base devem ser interpretados com certa cautela, por serem muito dependentes da diferença entre a taxa de desconto para utilidade, que não é observável, e a taxa de juros futura nos empréstimos externos, que é desconhecida. As outras variáveis, entretanto, não são tão sensíveis, e os seus valores no caso-base são representativos do comportamento macroeconômico do modelo.

## 5.2 — Variações na parte fixa do custo dos juros

A reação racional a taxas de juros maiores (menores) é uma redução (crescimento) no nível de endividamento, a fim de reduzir o ônus da dívida. Esta é, de fato a resposta do modelo, que pode nos fornecer adicionalmente uma estimativa quantitativa das mudanças ocorridas na solução quando se varia a taxa LIBOR real, por exemplo, num intervalo entre 2 e 8%.<sup>37</sup>

À medida que a taxa cresce de 2 para 6%, a curva que descreve o comportamento do saldo das transações correntes desloca-se para cima num total de aproximadamente 8,5 bilhões de dólares, indicando que (neste intervalo) um acréscimo de um ponto percentual na taxa leva a uma redução de 2,1 bilhões de dólares no *déficit* em conta corrente. O resultado deve ser interpretado dentro do contexto normativo do modelo, pois esta derivada total, com relação à taxa de juros, da função de demanda por saldos em conta corrente, tem um sinal oposto ao da derivada parcial, visto que esta última corresponde a uma estratégia passiva de não modificar as variáveis de decisão em resposta às taxas de juros mais elevadas.

Para taxas acima de 6%, o efeito líquido no saldo em conta corrente de uma variação na LIBOR real é bem menor, por serem mais limitadas as alternativas de geração de saldo comercial e também porque elas são parcialmente contrabalançadas pelo custo adicional do serviço da dívida. Isto pode ser inferido do Gráfico 2, que indica que a resposta da balança comercial a uma variação de um ponto percentual na taxa de juros é de cerca de 2,4 bilhões de dólares. A maior parte da receita cambial adicional é gerada por exportações de bens de capital, que é o único setor que não tinha atingido o limite máximo de crescimento das exportações no caso-base.

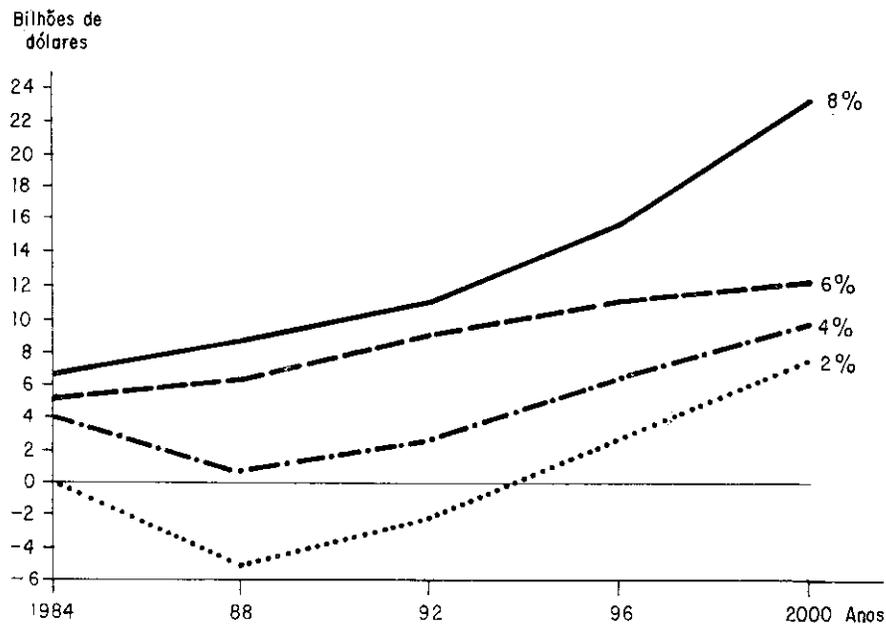
<sup>37</sup> Em todas estas simulações, as mudanças ocorrem durante o primeiro período de tempo e são mantidas até o fim do horizonte. Os resultados podem, desta forma, ser vistos como respostas do sistema a um estímulo tipo "degrau", em um contexto de previsão perfeita.

O Gráfico 3 mostra que o nível de empréstimos (bruto) também só é sensível à taxa de juros para valores abaixo de 6%. A sua faixa de variação é tanto maior quanto mais afastado no futuro estiver o período a ser considerado, pois o efeito de um nível maior (menor) de empréstimos nos períodos iniciais propaga-se na forma de maiores (menores) empréstimos para “rolagem” da dívida em períodos subseqüentes.

O nível ótimo do total da dívida externa no ano 2000 pode ser qualquer coisa entre 226 e 100 bilhões de dólares (em termos reais), dependendo do nível das taxas de juros. Isto enfatiza o fato de que a estratégia do país, com relação à dívida externa, deve ser elaborada num contexto de longo prazo e que a discussão em torno da política ótima de endividamento deve considerar explicitamente as taxas reais de juros que se espera no futuro.<sup>38</sup> Se a expectativa é de que elas se mantenham em níveis elevados, não é ótimo adotar estratégias que levarão ao crescimento contínuo da dívida.

Gráfico 2

**SENSIBILIDADE DO SALDO DA BALANÇA COMERCIAL COM  
RELAÇÃO À LIBOR REAL**

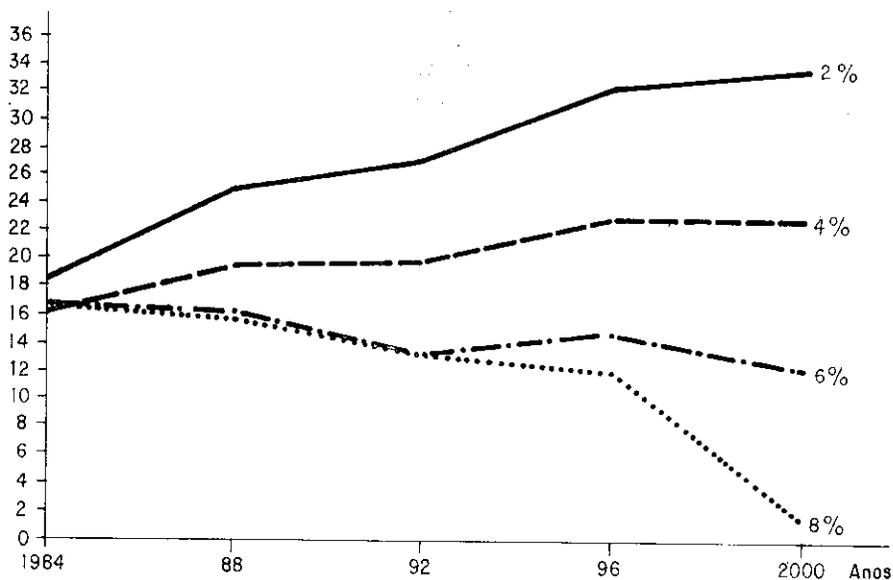


<sup>38</sup> Nas negociações para o reescalonamento da dívida brasileira esta consideração parece estar, por vezes, ausente.

Gráfico 3

### SENSIBILIDADE DO NÍVEL DE EMPRÉSTIMOS BRUTOS COM RELAÇÃO À LIBOR REAL

Bilhões de  
dólares



A função objetivo varia somente 1% entre os dois casos extremos da taxa de LIBOR real. O impacto causado no lado interno da economia é ilustrado na Tabela 6, que mostra como o consumo (avaliado a preços de 1983) é afetado pelas mudanças nas taxas. Em geral, à medida que as

TABELA 6

*Comparação do nível do consumo no primeiro e no último período  
para cenários alternativos da LIBOR real  
(% de desvios em relação ao caso-base)*

LIBOR real	2%	4%	6%	8%
1984	+3,4	+0,7	-0,7	-1,9
2000	+1,3	+0,4	-0,4	-3,3

taxas crescem, tanto o consumo inicial como o final são reduzidos, caindo cerca de 5 e 1%, respectivamente, quando são comparados os dois casos extremos.

Resumindo, enquanto a estratégia ótima em relação à dívida muda bastante à medida que se varia a taxa de juros real, esta economia parece ser flexível bastante para absorver (a longo prazo) variações amplas nas taxas, sem causar um grande impacto no nível de bem-estar. É interessante notar como é limitado o impacto, a longo prazo, de estratégias de endividamento bastante diferentes, indicando que a questão central no problema do endividamento externo brasileiro está mais relacionada com as restrições de liquidez de curto e médio prazos.

Este último argumento pode ser confirmado na Tabela 7, que compara o cenário do caso-base com outro onde se impõe a ocorrência de saldos em conta corrente não-negativos por todo o horizonte de tempo do modelo. Neste cenário alternativo, a dívida real não pode crescer além do nível inicial, e o modelo responde a isto reduzindo o consumo e elevando as exportações líquidas nos anos iniciais. Esta perda de utilidade é compensada, em termos de valor presente, por um consumo mais elevado ao fim do horizonte de tempo, quando as exportações necessárias são menores. Portanto, o impacto é similar ao de uma redução da taxa de desconto, causando a redução, em cerca de 2%, do nível anual de consumo agregado até 1992.

O preço-sombra da divisa tem um crescimento acentuado de 70% no primeiro período, cai para um nível de 10% acima do caso-base no segundo período e estabiliza-se ao nível do caso-base ao fim do horizonte de tempo.

TABELA 7

*Comparação entre os cenários do caso-base e o cenário de equilíbrio nas transações correntes (% de desvios em relação ao caso-base)*

Itens	1984	1988	1992	1996	2000
Consumo	- 2,5	- 2,0	- 0,1	+ 0,3	+ 2,1
Balança comercial	+68,9	+88,9	+25,8	-21,3	-40,0

### 5.3 — Mercados de exportação

Para avaliar o impacto na solução ótima das condições enfrentadas pelos produtos brasileiros ao penetrarem nos mercados estrangeiros, foram feitas duas simulações alterando as taxas máximas de crescimento das expor-

tações de produtos agrícolas e manufaturados.<sup>39</sup> No cenário protecionista, estas foram arbitradas em 3 e 7,5% ao ano, respectivamente, enquanto no cenário otimista é mantida a taxa de 5% ao ano do caso-base para os produtos agrícolas exportados. Por outro lado, a taxa de crescimento máximo das exportações de produtos manufaturados foi aumentada para 13,5% ao ano, o que ao fim do horizonte levaria a uma duplicação, com relação ao caso-base, do nível destas exportações.<sup>40</sup> Devido ao fato de esses limites serem estabelecidos como taxas, elas somente podem produzir diferenças grandes com relação ao caso-base nos períodos mais distantes no futuro, sendo reduzidas as diferenças nos períodos iniciais.

No cenário otimista, grandes excedentes da balança comercial ocorrem somente nos dois últimos períodos, o que indica que o modelo prefere aumentar as importações de acordo com a taxa maior de crescimento das exportações, ao invés de utilizar-se dos recursos gerados para reduzir o montante da dívida. Por outro lado, no cenário protecionista o modelo reconhece que a situação do país será mais difícil no futuro e não recorre ao endividamento para adiar o ajuste necessário. Ao contrário, a dívida é menor que a do caso-base até o penúltimo período, quando então ela começa a crescer, atingindo um valor pós-terminal cerca de 80% maior que no caso-base. O *superavit* da balança comercial é, entretanto, claramente decrescente, mostrando uma tendência oposta à do caso-base.

A análise dos preços-sombra revela a política de taxa de câmbio implícita na alocação descrita acima e indica que seria preciso uma desvalorização real de cerca de 40% para induzir as mudanças no consumo necessárias à redução das importações no caso protecionista. Se medíssemos a renda real em termos de moeda estrangeira, esta redução seria uma indicação do custo imposto à economia por uma situação mais difícil nos mercados externos.

#### 5.4 — Efeito das hipóteses sobre o setor petróleo

O modelo nos permite avaliar o impacto da descoberta, no presente, de um grande campo petrolífero no Brasil. Isto foi simulado resolvendo o modelo com a produção interna hipotética de petróleo atingindo níveis de 700, 800, 1.000 e 1.200 mil barris por dia em 1992, 1996, 2000 e 2004, respectivamente, ao invés de estabilizar-se ao nível de 600 mil barris diários como no caso-base. Neste cenário foi também suposto que a produção bruta de todo o setor (incluindo a refinação) expande-se proporcionalmente a este crescimento na produção interna. Entretanto, deve

<sup>39</sup> Estas taxas aplicam-se cumulativamente sobre o nível inicial de exportação e não são uma restrição à velocidade em que as exportações podem crescer a cada período no tempo.

<sup>40</sup> Cenários de exportação mais otimistas que este não afetam em muito os resultados, visto que o modelo não está disposto a reduzir o consumo para tirar proveito da folga adicional, como será visto adiante.

ser enfatizado que este cenário somente pode ilustrar o efeito de saber-se *ao certo* que a produção futura pode ser maior. As mudanças resultantes no consumo agregado e na renda são mostradas na Tabela 8, em termos percentuais, e mostram que este cenário otimista teria um significativo, porém não preponderante, impacto no crescimento desta economia.

A mudança de inclinação do perfil do consumo no tempo é muito interessante e pode ser explicada pela última linha da tabela, reconhecendo-se a necessidade de investir mais no setor petrolífero (especialmente nos primeiros períodos) para elevar o nível de produção. Conseqüentemente, o total final do estoque de capital é 6,2% maior que no caso-base.

TABELA 8

*Comparação entre os cenários do caso-base e do caso de descoberta de grande campo petrolífero*

Itens	1984	1988	1992	1996	2000
Renda	—	+ 1,0	+2,4	+2,5	+3,0
Consumo	-1,4	- 1,9	+1,0	+0,4	+1,2
Investimento	+3,1	+11,1	+4,8	+8,2	+7,8

No novo cenário não ocorrem mudanças importantes no setor externo no que se refere aos empréstimos, às transações correntes e ao nível da dívida, o qual possui valores similares nos dois casos. As reservas de moeda estrangeira obtidas através da redução das importações de petróleo são, neste caso, utilizadas para incrementar sensivelmente as importações de bens de capital. Este fato pode ser exemplificado pelas mudanças nos produtos brutos setoriais apresentados na Tabela 9, que mostra o cresci-

TABELA 9

*Comparação entre a produção bruta setorial no ano 2000 para os cenários do caso-base e do caso de descoberta de grande campo petrolífero*  
(% de desvios em relação aos níveis do caso-base)

Agri- cul- tura	Agro- proces- samento	Cons- tru- ção	Bens de capital	Outros bens	Petró- leo	Uti- li- dades	Trans- portes e comuni- cações	Servi- ços
-1,6	—	+5,8	-47,6	-2,7	+158,0	-2,3	+9,2	—

mento do setor petrolífero e de transportes, assim como a contração do setor de bens de capital.

Para verificarmos como o modelo responde a uma alteração adversa nos termos de troca, foi elaborada uma simulação admitindo que o preço real do petróleo teria um crescimento esperado anual de 4%, ao invés de permanecer estável para todo o horizonte considerado. A Tabela 10 resume os impactos deste cenário sobre os índices de quantidade (medida aos preços do ano inicial) dos principais agregados macroeconômicos.

Os preços mais elevados do petróleo causam um forte efeito de longo prazo no consumo agregado quando comparado ao das outras análises de sensibilidade. O total das importações de petróleo sofre imediatamente uma redução de 13%, margem que é ampliada para 17% ao fim do horizonte considerado. Entretanto, o valor total das importações seria 37% maior no ano 2000, devido aos preços mais elevados, e o *superavit* da balança comercial daquele ano reduz-se de 10 para 2,7 bilhões de dólares, apesar do considerável crescimento nas exportações, que se expandiu em todos os setores às taxas mais elevadas permitidas. É este desempenho das exportações que explica a estabilidade do produto bruto, como é mostrado na Tabela 10, face à menor demanda interna (ambas relativas ao caso-base). É conveniente lembrarmos que o único mecanismo de substituição neste modelo atua através de mudanças na composição do produto. Isto, provavelmente, superestima o impacto no consumo, subestima a redução das importações e reduz a elasticidade da demanda interna com relação aos preços.<sup>41</sup>

TABELA 10

*Comparação dos valores reais dos agregados econômicos para o cenário do caso-base e para o caso de preço elevado de petróleo (% de desvios do caso-base)*

Produto bruto		Consumo		Importações		Exportações	
1984	2000	1984	2000	1984	2000	1984	2000
—	+1,0	-1,4	-7,9	-6,7	-10,1	—	+20,0

O impacto nos preços-sombra causado por preços mais elevados do petróleo pode ser observado na Tabela 11, que mostra um aumento da taxa ótima de câmbio em torno de 25 e 15% no curto e longo prazos,

<sup>41</sup> A elasticidade de longo prazo da demanda agregada implícita é de 0,3, cerca de metade do valor usualmente adotado de 0,6.

TABELA 11

Comparação entre os preços-sombra agregados para os cenários do caso-base e para o caso de preços de petróleo elevados (em unidades de consumo)

Cenários	Taxa de câmbio		Trabalho		Rentabilidade do capital	
	1984	1988/2000*	1984	1988/2000*	1984	1988/2000*
Preços de petróleo	1,253	1,156	2,385	1,990	0,173	0,133
Caso-base	1,086	1,024	3,334	2,647	0,168	0,128

\*Estas são médias aritméticas dos valores de 1988 a 2004.

respectivamente. Os preços domésticos dos fatores de produção são também afetados adversamente, com uma redução de 25% na média de longo prazo do salário real e um crescimento de meio ponto percentual na taxa real de juros.

O nível da dívida externa no último período é praticamente o mesmo nos dois casos descritos, o que indica que, dados os outros parâmetros do caso-base, não é ótimo para o país endividar-se para adiar o ajuste aos preços mais elevados.

### 5.5 — Sensibilidade aos coeficientes de importação

Esta subseção discutirá o impacto causado na solução de se considerar coeficientes para as importações não-competitivas, 20% acima e 20% abaixo daqueles adotados no caso-base. Há uma motivação dupla para estudar esses cenários: uma delas é o fato de que os requisitos de importações podem mudar no futuro, como um resultado de choques tecnológicos e substituição; e a outra é a possibilidade de que o procedimento aproximado utilizado para a estimação dos coeficientes tenha levado a uma estimativa imprecisa de seus valores reais.

A análise da Tabela 12 demonstra que o efeito no consumo agregado é aproximadamente simétrico nos dois casos, além de muito modesto, apesar do fato de este modelo não incluir escolha tecnológica. Contudo, o impacto é da mesma ordem de magnitude daqueles encontrados nas análises das seções precedentes, indicando ser um fator tão importante quanto os discutidos anteriormente. No primeiro período, a mudança relativa registrada no consumo é aproximadamente igual à mudança proporcional na renda, devido à mudança ocorrida nas importações, *ceteris paribus*. Nos outros períodos, o valor encontrado equivale ao dobro daquele observado no primeiro período.

Após 1988, o esforço do modelo para compensar o aumento (diminuição) das necessidades de importação gerando maiores (menores) saldos comerciais e maior (menor) endividamento externo é também mostrado na tabela. No primeiro período, há menos flexibilidade e, aparentemente, o modelo não é capaz de compensar o impacto direto na balança comercial, o que o induz a fazer um ajustamento maior nos empréstimos. Esta dificuldade inicial de ajustamento a um maior coeficiente de importações não-competitivas está refletida na mudança ocorrida na taxa de câmbio implícita, que é maior no primeiro período.

TABELA 12

*Sensibilidade da solução aos coeficientes das importações não-competitivas  
(% de desvios em relação aos valores do caso-base)*

	Cenário NCI	1984	1988	1992	1996
Consumo	-20%	0,6	1,7	1,2	1,3
	+20%	- 0,6	-1,2	- 1,3	-1,7
Balança comercial	-20%	30,6	-5,6	-16,8	-8,5
	+20%	-29,8	1,6	10,1	12,9
Empréstimo externo bruto	-20%	- 8,6	-5,1	- 2,9	-3,5
	+20%	8,4	5,9	5,9	3,9
Preço-sombra da moeda estrangeira	-20%	- 4,7	-1,4	- 1,6	-1,1
	+20%	5,3	2,7	2,3	0,9

### 5.6 — Função alternativa para a taxa de *spread*

Como ressaltado na Subseção 2.5, a escolha da forma funcional para o cálculo da taxa de *spread* referente ao endividamento externo<sup>42</sup> em cada período foi, de certo modo, baseada na concepção de que no mercado de *eurobonds* o efeito do fluxo do volume de empréstimos sobrepõe-se ao efeito do estoque da dívida. Como a exatidão desta hipótese não foi verificada, esta subseção mostra o efeito, em alguns dos cenários discutidos

<sup>42</sup> Lembre-se, entretanto, de que, por simplicidade, a formulação em termos de estoque da dívida foi escolhida para o período pós-terminal.

anteriormente, de se solucionar o modelo utilizando para o cálculo da taxa de *spread* a equação (16') ao invés da equação (16):<sup>43</sup>

$$SH_t = \gamma (D_t/Y_t) \quad (\text{para todo } t) \quad (16')$$

A Tabela 13 mostra que esta formulação alternativa não afeta o consumo, exceto por um aumento no nível do caso-base no período compreendido entre 1988 e 1992. A dívida e o endividamento a cada período de tempo são ligeiramente maiores neste caso, mas não o bastante para afetar as conclusões qualitativas derivadas nas seções anteriores. Quando a formulação alternativa é comparada com a formulação original, o influxo de novos empréstimos nos dois cenários desfavoráveis é em média 15% maior.

TABELA 13

*Sensibilidade à especificação alternativa da função de cálculo da taxa de spread (% de desvios em relação aos valores do modelo original)*

Cenários	Variáveis	1984	1988	1992	1996	2000
Caso-base	Consumo	0,5	1,7	0,0	0,5	0,9
	Dívida externa	0,0	1,2	13,0	13,6	16,8
	Transações correntes	8,5	71,7	17,7	65,7	n.d.
	Empréstimo bruto	1,6	20,0	13,3	17,8	81,8
Preços elevados do petróleo	Consumo	0,3	0,0	0,0	0,1	-0,1
	Dívida externa	0,0	1,8	2,2	3,1	5,5
	Transações correntes	17,7	10,5	15,3	22,7	13,3
	Empréstimo bruto	2,5	2,2	4,1	6,9	7,4
Mercados de exportação protecionistas	Consumo	0,3	0,1	0,1	0,2	0,0
	Dívida externa	0,0	1,8	2,6	3,7	5,8
	Transações correntes	20,2	10,1	11,2	16,6	13,6
	Empréstimo bruto	2,6	2,7	4,7	7,0	7,8

A Tabela 14 compara os dois modelos em termos de mudanças relativas (com respeito ao caso-base correspondente) que ocorrem nos dois cenários acima e mostra que os efeitos causados sobre os principais agregados são similares em ambos os modelos. Em particular, dada a taxa de des-

<sup>43</sup> Na equação (16') a inclinação  $\delta$  é a mesma da função de custo dos juros pós-terminais — equação (24).

conto da utilidade e a taxa de juro externa do caso-base, continua não sendo ótimo adiar os ajustamentos internos necessários para superar as condições adversas nos mercados externos.

TABELA 14

*Comparação de variáveis nos modelos padrão e alternativo<sup>a</sup> em cenários desfavoráveis (% de desvios em relação ao caso-base)*

Cenários	Variáveis	Modelos	1984	1988	1992	1996	2000
Preço elevado do petróleo	Consumo	Alternativo	-1,6	-4,6	-3,0	-4,5	-8,8
		Padrão	-1,4	-2,9	-3,1	-4,0	-7,9
	Dívida externa	Alternativo	0,0	-3,5	-23,5	-28,3	-23,9
		Padrão	0,0	-4,1	-15,4	-21,1	-15,7
	Empréstimo	Alternativo	-4,9	-33,2	-31,7	-17,5	-29,9
		Padrão	-5,8	-21,5	-25,6	-9,2	18,7
Mercados externos protecionistas	Consumo	Alternativo	-1,3	-2,2	1,7	1,4	3,2
		Padrão	-1,1	-0,6	1,6	1,8	4,0
	Dívida externa	Alternativo	0,0	-4,5	-20,9	-20,4	-11,2
		Padrão	0,0	-5,1	-12,9	-12,8	-2,0
	Empréstimo	Alternativo	-6,4	-28,6	-18,9	-2,5	-19,0
		Padrão	-7,3	-16,6	-12,3	7,3	36,6

<sup>a</sup>O modelo alternativo utiliza a equação (16') ao invés da equação (16).

## 6 — Conclusão

Este artigo mostrou como um modelo multisetorial dinâmico de equilíbrio geral pode ser formulado a fim de analisar, numa estrutura intertemporal apropriada, a política ótima de endividamento do país. A função utilidade é não-linear, e os efeitos do truncamento do horizonte do modelo são reduzidos, mas não completamente eliminados, através da inclusão de um termo na função objetivo que reflete o valor do capital e do custo da dívida no período pós-terminal. O modelo também inclui uma contabilização detalhada da dinâmica da dívida e reconhece que a taxa de juros cobrada sobre os empréstimos externos depende do nível de endividamento. A especificação permite ao modelo comportar-se como um monopsonista defrontando-se com custos marginais crescentes no mercado de empréstimos externos. Uma equação de equilíbrio no balanço de pagamentos incorpora a interação entre a conta de capital e a balança comercial. A função de produção, entretanto, segue a especificação dinâmica padrão de Leontief.

O modelo foi aplicado ao caso brasileiro para gerar cenários ótimos para os próximos 20 anos. Um esforço significativo de manipulação de dados foi necessário para preparar a base de dados do modelo, a qual é útil em si mesma, ao permitir que outros modelos de equilíbrio para a economia brasileira sejam mais facilmente elaborados no futuro. O modelo foi implementado com o auxílio de um sistema algébrico de modelagem, sendo solucionado por um pacote genérico de otimização não-linear. Verificou-se que estes programas, que só ficaram disponíveis recentemente, simplificaram imensamente a construção e a solução deste modelo dinâmico não-linear.

A análise de sensibilidade dos resultados ao número de períodos de tempo incluídos no horizonte do modelo mostrou que a formulação adotada para as condições terminais apresentou um desempenho satisfatório, apesar de não ter sido capaz de eliminar todos os efeitos terminais.

Além do caso-base, várias simulações foram realizadas a fim de avaliar as respostas ótimas deste modelo de longo prazo da economia brasileira a mudanças perfeitamente antecipadas no nível de alguns dos parâmetros. Observamos que, apesar de o consumo agregado não ser muito sensível às variações na LIBOR real, a política ótima de endividamento externo certamente o é, apresentando uma resposta positiva acentuada quando aquela taxa cai abaixo de 5%. Acima deste nível, o modelo tenta reduzir a dívida o mais rápido possível. Esta resposta do modelo mostra que a tentativa de projetar novos mecanismos de reescalonamento da dívida, que iriam, na realidade, levar a níveis mais elevados de endividamento líquido, pode ser uma política míope na perspectiva de longo prazo do modelo, caso as taxas de juros continuem elevadas.

Observou-se que o impacto de exigir o equilíbrio nas transações correntes é semelhante ao de uma redução da taxa de desconto para utilidade e iria requerer uma grande desvalorização no curto prazo, relativamente ao caso-base.

A resposta do modelo à diminuição dos níveis futuros de exportação não é muito poderosa, provavelmente devido aos custos implícitos, em termos de consumo, de maiores saldos comerciais. Um cenário protecionista, entretanto, iria requerer uma desvalorização de 40% e resultaria numa dívida um pouco menor até os últimos dois períodos, pois o modelo, prevendo que os tempos serão mais difíceis no futuro, não adia os ajustamentos necessários.

Os efeitos de descobertas de petróleo, que duplicariam a produção doméstica no longo prazo, são um crescimento de 3% na renda anual e uma mudança na inclinação do perfil do consumo no tempo, favorecendo períodos futuros. Preços mais elevados para petróleo (crescimento de 4% ao ano, ao invés de manter-se estável) levam a um consumo acentuadamente menor (redução de 8% no ano 2000) e à exploração de todas as oportunidades de exportação, mas não afeta de modo significativo o montante da dívida terminal. Isto parece indicar que, dadas as hipóteses do modelo, não é ótimo para o país endividar-se para adiar o ajustamento da economia a um nível mais alto de preços de petróleo.

Uma redução de 20% nos coeficientes das importações não-competitivas permite uma elevação média de 1,4% no nível de consumo de longo prazo relativamente ao caso-base, enquanto que uma elevação de 20% possui um efeito simétrico.

Essas análises de sensibilidade são somente uma amostra das questões que podem ser discutidas em um modelo como este, mas mostram que o modelo pode gerar *insights* quantitativos interessantes a respeito da importância relativa dos vários fatores que afetam a problemática de endividamento de um país em desenvolvimento. As aplicações do modelo não estão limitadas à análise da questão do endividamento, já que ele pode ser usado como está, ou com pequenas modificações, para analisar questões relativas à política comercial e de investimento.

Várias extensões são possíveis, principalmente explorando, em outras partes do modelo, a possibilidade da utilização de especificações não-lineares. Por exemplo, a função de produção poderia ser reformulada para permitir a inclusão de substituição tecnológica e/ou de complementaridade entre capital e energia em alguns dos setores. Uma outra possibilidade é tornar as funções de receita de exportação não-lineares a fim de considerar, de alguma forma, a competição imperfeita nos mercados de exportação. Nenhuma dessas modificações puderam ser incluídas nesta versão do modelo devido à limitação do tempo disponível para esta fase do projeto de pesquisa.



## Abstract

This paper shows how a dynamic multisector equilibrium model can be formulated to be able to analyze the optimal borrowing policy of a developing country. It also describes how a non-linear programming model with the proposed features was constructed for Brazil, and discusses the optimal solution of a base case scenario for the economy in the next 20 years. The sensitivity analysis emphasizes the response of the model to different interest rates on foreign borrowing, alternative export expansion and imports requirements scenarios, and different hypothesis with respect to future petroleum prices and domestic petroleum production. The main conclusion is that the optimal long run borrowing policy for Brazil is quite sensitive to the expected future interest rates, and may be different from some myopic strategies which are currently being suggested to handle the developing countries foreign debt problems. The other important conclusion is that in the less favorable scenarios — protectionist foreign environment or higher petroleum prices — it is not optimal to postpone the required domestic adjustments by increased foreign borrowing. The usefulness of the model is not restricted to this set of simulations, since it can be readily adapted to address related issues such as foreign trade, investment and indirect taxation policies.

## Bibliografia

- BLANCHARD, O. Debt and the current account deficit in Brazil. In: ARMELLA, P., DORNBUSCH, R., e OBSTFELD, M., eds. *Financial policies and the world capital market: the problem of Latin American countries*. Chicago, University of Chicago Press, 1983. p. 187-98. (NBER. A conference report.)
- BLITZER, C., e ECKAUS, R. Energy-economy interactions in Mexico: a multiperiod general equilibrium model. *Journal of Development Economics*, Amsterdã, 21 (2) :259-82, maio 1983.
- DERVIS, K., MELO, J., e ROBINSON, S. *General equilibrium models for development policy*. Cambridge, Cambridge University Press, 1982. 526 p. (A World Bank research publication).
- FMI. *International financial statistics*. Washington, 1984.
- GOREAUX, L. *Interdependence in planning: multilevel programming studies of the Ivory Coast*. Johns Hopkins University Press, 1977.
- JOHANSEN, L. *A multi-sectoral study of economic growth*. 2.<sup>a</sup> ed.; Amsterdã, North-Holland, 1974.
- KENDRICK, D., e MEERAUS, A. *GAMS — an introduction*. Washington, D.C., The World Bank, 1985.
- LLUCH, C., POWELL, A., e WILLIAMS, R. *Patterns in household demand and saving*. New York, Oxford University Press, 1977. 280 p.

- LYSY, F. J., e TAYLOR, L. Formal statement of the general equilibrium model. In: TAYLOR, L., BACHA, E., CARDOSO, E., e LYSY, F. *Models of growth and distribution for Brazil*. New York, Oxford University Press, 1980a, Cap. 7. (A World Bank research publication.)
- . Data for the general equilibrium model and a base solution. In: TAYLOR, L., BACHA, E., CARDOSO, E., e LYSY, F. *Models of growth and distribution for Brazil*. New York, Oxford University Press, 1980b, Cap. 8. (A World Bank research publication.)
- MCCARTHY, F. D. *Brazil — general equilibrium model*. Washington, D.C., The World Bank, 1983. 47 f. (Working paper n.º 1983-1.)
- MODIANO, E. *Energia e economia: um modelo integrado*. Rio de Janeiro, PUC/Departamento de Economia, 1982. 304 f. (PUC/RJ. Relatório de pesquisa.)
- MURTAGH, B., e SAUNDERS, M. *MINOS 5.0 user's guide*. Stanford, Stanford University, 1983. (Relatório Técnico SOL 83-20.)
- RUBINSTEIN, M. The strong case for the generalized logarithmic utility function as the premier model of financial markets. In: LEVY, H., e SARNAT, M., eds. *Financial decision making under uncertainty*. New York, Academic Press, 1977. p. 11-64. (Economic theory and mathematical economics.)
- SVORONOS, A. N. *Duality theory and finite horizon approximations for discrete time infinite horizon convex programs*. Stanford, Stanford University, 1985. Tese (D) Stanford Univ.
- TAYLOR, L. Theoretical foundations and technical implications. In: BLITZER, C., CLARK, P., e TAYLOR, L., eds. *Economy-wide models and development planning*. Oxford, Oxford University Press, 1975, Cap. 3.
- TOURINHO, O. *Optimal foreign borrowing in a multisector dynamic equilibrium model for Brazil*. Cambridge, Mass., MIT, Energy Laboratory, 1985. (Relatório, 85-011.)
- WILLIAMSON, C., e MCCARTHY, F. D. *Brazil 2 — consumption: analysis of consumption patterns by region and income class with emphasis on food categories*. Luxemburg, IIASA, 1981. 70 p. (IIASA. Working paper, 81-16.)

(Originais recebidos em dezembro de 1985. Revistos em julho de 1986.)